



⑯ Aktenzeichen: 196 01 983.4-21  
 ⑯ Anmeldetag: 20. 1. 96  
 ⑯ Offenlegungstag: —  
 ⑯ Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: 24. 7. 97

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:

Continental Aktiengesellschaft, 30165 Hannover, DE

⑯ Erfinder:

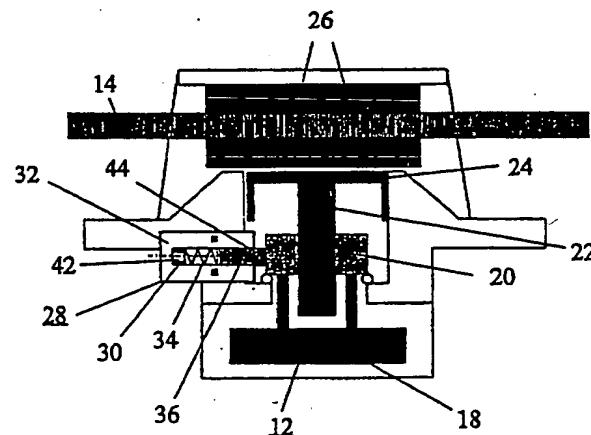
Maron, Christof, Dr., 30989 Gehrden, DE; Prinzler, Hubertus, 30853 Langenhagen, DE; Dieckmann, Thomas, Dipl.-Ing. Dr., 30982 Pattensen, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
 in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 34 10 006 C2  
 EP 05 20 525 A1

⑯ Bremsanlage für ein Kraftfahrzeug

⑯ Die Erfindung betrifft eine elektrische Bremsanlage für ein Kraftfahrzeug, in die eine elektrische Feststellbremse (28) integriert ist. Die Radbremsen (12) der Bremsanlage werden mit Hilfe von Zuspannvorrichtungen (20, 22) mit einer Bremskraft beaufschlagt. Durch die elektrische Feststellbremse (28) einer Radbremse (12) kann die innere Reibung gezielt erhöht werden, so daß eine Selbsthemmung der Zuspannvorrichtung (20, 22) bei einer erhöhten Zuspannkraft eintritt.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine elektrische Bremsanlage für ein Kraftfahrzeug, insbesondere für einen Pkw, die zumindest über folgendes verfügt:

- ein Bremspedal, an dem ein von einer Fußkraft abhängiges elektrisches Bremssignal erzeugbar ist;
- eine Radbremse für jedes Rad des Kraftfahrzeugs, der jeweils ein Elektromotor mit einer Zuspannvorrichtung zugeordnet ist, die auf die jeweilige Radbremse eine dem elektrischen Signal entsprechende Zuspannkraft ausübt, wodurch an dem Rad eine Bremskraft erzeugt wird;
- eine elektrische Feststellbremse, mit der die Zuspannvorrichtung bei einer bestimmten Zuspannkraft feststellbar ist.

Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Feststellen einer derartigen elektrischen Bremsanlage.

Eine derartige Bremsanlage ist an sich, z. B. aus der EP 0 520 525 A1 bereits bekannt. In dieser Druckschrift wird eine Trommel- bzw. Scheibenbremse beschrieben, die mit Hilfe eines ersten Elektromotors eine Zuspannvorrichtung antreibt, wodurch die Bremsbeläge gegen die Reibfläche (Trommel bzw. Scheibe) der Bremse gepreßt werden und am entsprechenden Rad eines Kraftfahrzeugs eine Bremskraft erzeugt wird.

Darüber hinaus enthält die Bremse zusätzlich eine elektrische Feststellbremse, mit der ein Rad des Kraftfahrzeugs wie folgt festgestellt werden kann: Zunächst werden die Bremsbeläge gegen die Reibfläche der Bremse gepreßt und danach wird an einen zweiten Elektromotor ein Befehl gegeben, der daraufhin den ersten Elektromotor mit Hilfe einer Arretierung in seiner Position arretiert, so daß die Bremsbeläge auch im stromlosen Zustand der Elektromotoren gegen die Reibfläche gepreßt bleiben. Die Freistellung des Rades erfolgt, indem durch einen erneuten Befehl an den zweiten Elektromotor die Arretierung gelöst wird, so daß der erste Elektromotor wieder frei beweglich ist.

Die aus der EP 0 520 525 A1 bekannte elektrische Feststellbremse ist weitgehend wartungsfrei. Es ist jedoch festzustellen, daß die elektrische Feststellbremse einen hohen baulichen Aufwand, u. a. einen zweiten Elektromotor, erfordert. Noch wesentlicher aber ist, daß die elektrische Feststellbremse sowohl im "gelösten" als auch im "angezogenen" Zustand stromlos ist und von dem einen in den anderen Zustand durch einen Befehl überführt wird.

Dadurch kann es z. B. zu folgenden gefährlichen Situationen kommen: Im Betrieb des Kraftfahrzeugs wird außerhalb eines Bremsvorganges (also bei freilauenden Rädern) irrtümlicherweise ein Befehl an den zweiten Elektromotor gegeben, der daraufhin den ersten Elektromotor arretiert. Vor und nach dem Befehl befinden sich beide Elektromotoren im stromlosen Zustand, so daß an der Bremse kein offensichtlicher Unterschied festzustellen ist.

Beim nächsten Bremsvorgang kann sich der irrtümlich arretierte Elektromotor nicht bewegen und infolgedessen die Bremsbeläge nicht gegen den Reibbelag der entsprechenden Bremse drücken. Die Bremse fällt also aus und das ihr zugeordnete Fahrzeuggrad wird nicht gebremst.

Eine andere gefährliche Situation besteht darin, daß während eines Bremsvorganges irrtümlicherweise ein Befehl an den zweiten Elektromotor gegeben und somit

der erste Elektromotor arretiert und das entsprechende Rad festgestellt wird. Nach dem Bremsvorgang bleibt das entsprechende Rad festgestellt und es kommt zu einem "Schiefziehen" des Kraftfahrzeugs.

Eine der eingangs genannten Bremsanlage ähnliche elektrische Bremsanlage ist auch aus der DE 34 10 006 C2 bekannt. In der genannten Druckschrift wird eine Bremsanlage für ein Kraftfahrzeug mit einem elektrischen Bremssystem für alle Räder vorgestellt. Wird von dem Fahrer des Kraftfahrzeugs eine Fußkraft auf das Bremspedal ausgeübt, so wird der durch diese Fußkraft kundgegebene Bremswunsch von einem Bremssignalgeber in ein entsprechendes elektrisches Signal umgewandelt. Entsprechend dem elektrischen Signal werden Elektromotoren in Gang gesetzt, die jeder Radbremse zugeordnet sind. Jeder Elektromotor versetzt wiederum einen Kolben in axiale Bewegung, der infolge der Bewegung die Bremsbacke an die Bremsscheibe anpreßt, wodurch an dem Rad letztendlich eine Bremskraft erzeugt wird. Die aus der DE 34 10 006 C2 bekannte Bremsanlage enthält neben dem ersten elektrischen Bremssystem ein zweites Bremssystem, mit Hilfe dessen über das gemeinsame Bremspedal z. B. mechanisch eine Bremskraft auf die Räder mindestens einer Fahrzeugachse übertragen werden kann. Das zweite Bremssystem ist von dem elektrischen Bremssystem unabhängig und entfaltet seine volle Wirkung bei einer Störung oder bei einem Ausfall des elektrischen Bremssystems, so daß das Kraftfahrzeug auch in diesem Fall sicher abgebremst werden kann. Das zweite Bremssystem wird mit Hilfe von Seilzügen realisiert und kann in bekannter Art und Weise auch eine Feststellbremsfunktion übernehmen, indem es mit einem einrastbaren Hebel in einer bestimmten Stellung arretiert wird.

Die aus der DE 34 10 006 C2 bekannte Bremsanlage ist als sicher zu bezeichnen, da das elektrische Bremssystem von dem mechanischen Bremssystem unabhängig ist. Insbesondere kann die Feststellbremsfunktion die Sicherheit des elektrischen Bremssystems nicht negativ beeinflussen, da die Feststellbremsfunktion von dem mechanischen Bremssystem übernommen wird. Mechanische Bremssysteme erfordern jedoch einen hohen Wartungsaufwand. Darüber hinaus entsteht durch das mechanische Bremssystem zusätzliches Gewicht, was der Zielsetzung der Gewichtsreduzierung im modernen Kraftfahrzeugbau entgegengesetzt ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Feststellbremsfunktion in das elektrische Bremssystem zu integrieren, so daß auf ein separates, insbesondere mechanisches Bremssystem verzichtet werden kann. Durch die Integration der Feststellbremsfunktion soll die Sicherheit des elektrischen Bremssystems nicht beeinträchtigt werden. Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Feststellen einer elektrischen Bremsanlage vorzustellen.

Gemäß den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die elektrische Feststellbremse in einem ersten stromführenden Zustand eine Bewegung der Zuspannvorrichtung ungestört läßt und in einem zweiten stromlosen Zustand über eine Reibungserhöhung eine Selbsthemmung der Zuspannvorrichtung herbei führt, so daß die Zuspannvorrichtung bei einer bestimmten Zuspannkraft feststellbar ist, wobei die durch die Reibungserhöhung entstehende Reibungskraft von dem Elektromotor überwindbar ist.

Gemäß den kennzeichnenden Merkmalen des Ver-

fahrensanspruchs 5 wird eine elektrische Bremsanlage nach Anspruch 1 durch die folgenden Verfahrensschritte festgestellt:

a) Beaufschlagen mindestens eines Rades des Kraftfahrzeugs mit einer Bremskraft durch Erzeugen einer definierten Zuspannkraft an der entsprechenden Radbremse, währenddessen sich die dem Rad zugeordnete elektrische Feststellbremse in dem ersten stromführenden Zustand befindet, in dem die elektrische Feststellbremse die Bewegung der Zuspannvorrichtung ungestört läßt  
 b) Überführen der elektrischen Feststellbremse in den zweiten stromlosen Zustand, so daß auf die Zuspannvorrichtung so lange eine erhöhte Reibung ausgeübt wird, bis die elektrische Feststellbremse wieder in den ersten stromführenden Zustand versetzt wird, wodurch die in dem Verfahrensschritt a) erzeugte Zuspannkraft im wesentlichen erhalten bleibt und das Rad festgestellt ist.

Der Grundgedanke der Erfindung ist darin zu sehen, daß die elektrische Feststellbremse zwei einfach unterscheidbare Zustände (stromführend/stromlos) aufweist und mit der elektrischen Feststellbremse die innere Reibung in der Radbremse gezielt erhöht wird, so daß durch Selbsthemmung der Radbremse die Zuspannkraft aufrechterhalten wird, die zur Feststellung des Rades ausreichend war.

Die Vorteile der Erfindung sind insbesondere darin zu sehen, daß die Feststellbremsfunktion vollständig in das elektrische Bremssystem integriert ist, so daß das elektrische Bremssystem inklusive der Feststellbremse wartungsfrei ist.

Dabei wird die Sicherheit des elektrischen Bremssystems nicht beeinträchtigt, da die durch die elektrische Feststellbremse erzeugte Reibungskraft von dem Elektromotor überwunden werden kann und somit eine Bewegung der Zuspannvorrichtung auch bei "angezogener" Feststellbremse (z. B. bei Funktionsausfall) möglich ist.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, daß jedes Rad des Kraftfahrzeugs mit einem geringen Mehraufwand am elektrischen Bremssystem feststellbar ist. Darüber hinaus weist die elektrische Feststellbremse eine elektrische Schnittstelle zum Bremssystem auf, so daß die Feststellung nicht mehr zwangsläufig durch den Kraftfahrzeugfahrer erfolgen muß, sondern durch elektrisch gesteuerte übergeordnete Systeme eingeleitet werden kann.

Beispielsweise ist es möglich, die Feststellbremsfunktion mit einer Diebstahlsicherung derart zu verbinden, daß ein "Lösen" der Feststellbremse automatisch nur dann erfolgt, wenn zuvor ein richtiger Code in eine dafür vorgesehene Vorrichtung eingegeben wurde.

Gemäß dem Anspruch 2 ist die elektrische Feststellbremse als elektromagnetische Reibungsrutschkupplung ausgebildet, die einen besonders einfachen Aufbau aufweist und somit preiswert in der Herstellung ist.

Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung nach Anspruch 3 verfügen die Radbremsen der Vorderachse über eine elektrische Feststellbremse. Dies ist besonders vorteilhaft, da man üblicherweise auf der Vorderachse eine hohe Achslast hat und somit eine gute Feststellung der Vorderräder erreichbar ist. Darüber hinaus steht an der Vorderachse üblicherweise mehr Bauraum für den Einbau der Elektromotoren zur Verfügung, so daß diese größer und somit leistungsstär-

ker ausgebildet werden können, was bessere Notbrems-eigenschaften bei einer ausgefallenen Feststellbremse zur Folge hat.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 4 verfügen zusätzlich die Räder der Hinterachse jeweils über eine elektrische Feststellbremse, so daß alle vier Räder des Kraftfahrzeugs festgestellt werden können und somit eine besonders wirkungsvolle Feststellung des Kraftfahrzeugs erreicht wird.

Gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens nach dem nebengeordneten Anspruch 5 wird die Beaufschlagung des festzustellenden Rades des Kraftfahrzeugs mit einer Bremskraft durch Betätigung des Bremspedals vorgenommen. Ferner erfolgt die Überführung der elektrischen Feststellbremse in den zweiten stromlosen Zustand vorzugsweise bei Abstellung des Motors des Kraftfahrzeugs automatisch.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß durch die Erfindung die Feststellbremsfunktion vollständig in das elektrische Bremssystem wirkungsvoll integrierbar ist, wobei der Mehraufwand im elektrischen Bremssystem gering ist und die Sicherheit des elektrischen Bremssystems selbst nicht eingeschränkt ist.

Ein Ausführungsbeispiel und weitere Vorteile der Erfindung werden im Zusammenhang mit den nachstehenden Figuren erläutert, darin zeigt:

Fig. 1 eine schematische Figur einer elektrischen Bremsanlage,

Fig. 2a eine Radbremse mit gelöster elektrischer Feststellbremse,

Fig. 2b eine Radbremse mit angezogener elektrischer Feststellbremse,

Fig. 3 ein Diagramm.

Fig. 1 zeigt schematisch ein elektrisches Bremssystem für ein Kraftfahrzeug, wobei nur die für die nachfolgenden Erläuterungen notwendigen Bestandteile dargestellt sind. Auf das Bremspedal 2 kann eine dem Bremswunsch des Kraftfahrzeugfahrers entsprechende Fußkraft aufgebracht werden, durch die das Bremspedal 2 bewegt wird. Der zurückgelegte Weg des Bremspedals 2 wird mittels eines Sensors 4 in ein elektrisches Signal umgewandelt, der dem Bremswunsch des Fahrers entspricht. Das elektrische Signal wird über die elektrischen Leitungen 6a und 6b an die Elektronikeinheiten 8a und 8b weitergeleitet. Dort werden aus dem elektrischen Bremssignal Steuersignale erzeugt, die über die elektrischen Leitungen 10a bzw. 10b zu den Radbremsen 12a bzw. 12b weitergeleitet werden. Die Radbremsen 12a bzw. 12b werden entsprechend den Steuersignalen aktiviert, was im Ergebnis dazu führt, daß die in den Radbremsen 12a bzw. 12b enthaltenen Bremsbeläge gegen die Bremsscheiben 14a bzw. 14b angepreßt werden, wodurch an den Bremsscheiben 14a bzw. 14b und damit an den Rädern 16a bzw. 16b eine Bremskraft entsteht.

Im Zusammenhang mit der Fig. 2 wird im folgenden erläutert, wie eine Radbremse 12 auf eine Bremsscheibe 14 einwirkt und wie die Radbremse 12 mit Hilfe einer elektrischen Feststellbremse 28 festgestellt werden kann. In Fig. 2 sind ebenfalls in schematischer Darstellung nur die für die folgenden Erläuterungen notwendigen Bestandteile gezeigt. Die Radbremse 12 enthält einen Elektromotor 18, mit Hilfe dessen die Spindelmutter 20 in eine Drehbewegung um eine Achse versetzt werden kann, die durch die Spindel 22 vorgegeben ist. Die Drehbewegung der Spindelmutter 20 bewirkt eine axiale Bewegung der Spindel 22 und eine axiale Bewegung des Bremskolbens 24. Dadurch werden bei einem Bremsvorgang die mit dem Kolben 24 in Wirkverbin-

dung stehenden Bremsbeläge 26 ebenfalls in eine axiale Bewegung versetzt, so daß die Bremsbeläge 26 schließlich nach Durchlaufen des Luftspaltes 40 an der Bremsscheibe 14 anliegen und eine Bremskraft hervorrufen. Die Bremskraft ist abhängig von der Zuspannkraft, die von der Spindel 22 auf den Bremskolben 24 und damit auf die Bremsbeläge 26 ausgeübt wird. Nach einem Bremsvorgang werden die Bremsbeläge 26, der Bremskolben 24 und die Spindel 22 durch Rückstellkräfte in ihre Ausgangslage zurückbewegt. Diese Rückbewegung ist aufgrund der zu vernachlässigenden Reibung in der Radbremse 12 möglich.

Die Radbremse 12 enthält neben den bisher erläuterten Bestandteilen eine elektrische Feststellbremse 28, mit Hilfe der die Radbremse 12 und damit die Bremsscheibe 14 festgestellt werden kann. Die elektrische Feststellbremse 28 kann beispielsweise als elektromagnetische Reibungsritschkupplung ausgebildet sein. In diesem Fall befindet sich in dem Gehäuse 32 der elektrischen Feststellbremse 28 ein Elektromagnet, angedeutet durch die leitende Spule 30, die um einen Metallkern 42 gewickelt ist. Die elektrische Feststellbremse 28 enthält darüber hinaus einen Metallstift 36 mit einem Reibkopf 44, der in axialer Richtung beweglich in dem Gehäuse 32 gelagert ist. Zwischen dem Metallkern 42 und dem Metallstift 36 befindet sich eine Andruckfeder 34.

Fig. 2a zeigt eine Radbremse 12 mit "gelöster" Feststellbremse 28. Der "gelöste" Zustand der elektrischen Feststellbremse 28 wird durch Anlegen einer elektrischen Spannung an die leitende Spule 30 erreicht, infolgedessen ein Strom durch die leitende Spule 30 getrieben wird. Der Elektromagnet entfaltet seine Wirkung und der Metallstift 36 wird von dem Elektromagneten in das Gehäuse 32 gezogen. Hierbei wird die Federkraft der Andruckfeder 34 überwunden. In dem "gelösten" Zustand behindert die elektrische Feststellbremse 28 nicht die Bewegung der Spindelmutter 20.

Fig. 2b zeigt eine Radbremse 12 in festgestelltem Zustand, der wie folgt erreicht wird. Zunächst wird die Radbremse 12 bei "gelöster" elektrischer Feststellbremse (s. Fig. 2a) betätigt, bis die Bremsbeläge 26 an der Bremsscheibe 14 anliegen. Unter Beibehaltung dieses Zustands wird die elektrische Feststellbremse 28 von dem ersten stromführenden Zustand (s. Fig. 2a) in den zweiten stromlosen ("angezogenen") Zustand überführt. Die Wirkung des Elektromagneten ist dann aufgehoben und der Metallstift 36 mit dem Reibkopf 44 wird durch die Andruckfeder 34 gegen die Spindelmutter 20 gepreßt. Durch den Anpreßdruck des Metallstiftes 36 an der Spindelmutter 20 entsteht eine Reibungskraft, die höher ist als die Rückstellkraft der Bremsbeläge 26 bzw. der Spindel 22. Dies führt dazu, daß die Bremsbeläge 26 auch bei nichtangetriebenem Elektromotor 18 in ihrer Position fixiert werden und somit die Bremsscheibe 14 feststellen. Dieser durch die "angezogene" Feststellbremse 28 erzeugte Zustand wird allgemein als Selbsthemmung bezeichnet.

Andererseits ist die durch den Metallstift 36 erzeugte Reibungskraft an der Spindelmutter 20 so gewählt, daß sie von dem Elektromotor 18 überwunden werden kann. Somit ist eine Bewegung der Spindelmutter 20 und damit der Spindel 22 auch bei "angezogener" elektrischer Feststellbremse 28 durch den Elektromotor 18 möglich.

Fig. 3 zeigt die oben erläuterten Zusammenhänge qualitativ in einem Diagramm, in dem die auf die Bremsscheibe 14 ausgeübte Zuspannkraft über dem von dem Elektromotor 18 ausgeübten Motormoment aufgetragen ist. In das Diagramm ist eine Kennlinie I für eine

ideale Radbremse eingezeichnet, also für eine Radbremse, in der die Reibung identisch null ist. In diesem Fall bewirkt eine Steigerung des Motormoments um einen Betrag 1 eine Zunahme der Zuspannkraft um einen Betrag 2 und eine Zurücknahme des Motormoments um den Betrag 1 eine Verringerung der Zuspannkraft um den Betrag 2.

Die Kennlinie II gibt die Verhältnisse für eine reale Radbremse mit geringer innerer Reibung wieder, wenn sich die elektrische Feststellbremse im stromführenden Zustand befindet. Bei einem Bremsvorgang wird von dem Elektromotor beispielsweise ein Motormoment  $x_0$  ausgeübt, was an der Radbremse zu einer Zuspannkraft  $y_0$  führt. Bei Beendigung des Bremsvorganges, d. h. bei Rückführung des Motormoments auf Null, sinkt die Zuspannkraft von dem Wert  $y_0$  auf den Wert  $y_{sII}$ , also auf denjenigen Wert, der durch den Schnittpunkt der Kennlinie II mit der y-Achse vorgegeben ist. Bei dieser verbleibenden Zuspannkraft  $y_{sII}$  befindet sich die Rückstellkraft der Radbremse mit der inneren Reibungskraft im Gleichgewicht. Bei der Zuspannkraft  $y_{sII}$  tritt also eine Selbsthemmung ein. Eine vollständige Freistellung der Radbremse (Zuspannkraft = 0) ist nur unter Einwirkung eines negativen Motormoments möglich. Der erläuterte Vorgang wird allgemein als mechanische Hysterese bezeichnet.

Die Kennlinie III gibt die Verhältnisse wieder, wenn sich die elektrische Feststellbremse im stromlosen Zustand befindet und der Metallstift 36 an der Spindelmutter 20 anliegt (vergl. Fig. 2b). Die Kennlinie III ist gegenüber der Kennlinie II aufgrund der Reibungszunahme in der Radbremse stark verbreitert und eine Selbsthemmung der Radbremse tritt zwischen den Werten 0 und  $y_{sIII}$  ein. Im folgenden wird die Feststellung eines Rades mit Hilfe des Diagramms erläutert. Es wird zunächst auf den Fall eingegangen, daß das Rad mit maximaler Zuspannkraft festgestellt wird, die durch den Wert  $y_{sIII}$  (dem Schnittpunkt der Kennlinie III mit der y-Achse) vorgegeben ist.

Dazu wird zunächst bei stromführendem Zustand der elektrischen Feststellbremse (Kennlinie II) ein Motormoment derart erzeugt, daß die hervorgerufene Zuspannkraft größer oder gleich der Zuspannkraft  $y_{sIII}$  ist. Unter Beibehaltung des erzeugten Motormoments wird die elektrische Feststellbremse in ihren stromlosen Zustand überführt, so daß sich die Reibung in der Radbremse gegenüber dem stromführenden Zustand deutlich erhöht (Kennlinie III). Danach wird das Motormoment auf 0 zurückgeführt und die erzeugte Zuspannkraft sinkt auf den Wert  $y_{sIII}$ . Ein weiteres Absinken unter diesen Wert tritt nicht ein, da sich bei der Zuspannkraft  $y_{sIII}$  die Rückstellkraft der Radbremse mit der durch die elektrische Feststellbremse ausgeübten Reibungskraft im Gleichgewicht befindet und somit eine Selbsthemmung der Radbremse eintritt.

Im folgenden wird der Fall erläutert, daß das Rad mit einer Zuspannkraft zwischen 0 und  $y_{sIII}$  festgestellt wird. Dazu wird bei stromführendem Zustand der elektrischen Feststellbremse (Kennlinie II) ein Motormoment derart erzeugt, daß die hervorgerufene Zuspannkraft zwischen 0 und  $y_{sIII}$  liegt. Unter Beibehaltung des erzeugten Motormoments wird die elektrische Feststellbremse in ihren stromlosen Zustand überführt, so daß sich die Reibung in der Radbremse gegenüber dem stromführenden Zustand erhöht (Kennlinie III).

Danach wird das Motormoment auf 0 zurückgeführt, wobei die erzeugte Zuspannkraft vollständig erhalten bleibt, da in dem genannten Bereich die Rückstellkraft

bereits niedriger ist als die durch die elektrische Feststellbremse ausgeübte Reibungskraft und auch eine teilweise Rückstellung der Radbremse nicht möglich ist.

Schließlich wird im Zusammenhang mit der Fig. 3 erläutert, was bei einem Funktionsausfall der elektrischen Feststellbremse (darunter ist ein unkontrollierter Übergang der Feststellbremse in den stromlosen "angezogenen" Zustand und ein Verbleiben in diesem Zustand zu verstehen) passiert. In diesem Fall ist nur noch die Kennlinie III relevant, da ein gezieltes Überführen der elektrischen Feststellbremse von dem stromlosen in den stromführenden Zustand bzw. umgekehrt nicht mehr möglich ist. Fällt die elektrische Feststellbremse aus, wenn an dem entsprechenden Rad eine Zuspannkraft von 0 anliegt, so ist der Kennlinie III zu entnehmen, daß die Zuspannkraft so lange identisch bleibt, wie sich das Motormoment zwischen den Werten 0 und  $x_1$  befindet. Das Motormoment  $x_1$  wird also zur Überwindung der ausgeübten Reibungskraft benötigt. Erst wenn das Motormoment den Betrag  $x_1$  übersteigt, wird auf das entsprechende Rad eine Zuspannkraft ausgeübt. Damit bei einer ausgefallenen elektrischen Feststellbremse dennoch eine Zuspannkraft auf das entsprechende Rad ausgeübt werden kann, ist der Elektromotor so ausgelegt, daß das maximale Motormoment  $x_{max}$  größer ist als das Motormoment  $x_1$ . Somit kann der Momentenbereich zwischen  $x_1$  und  $x_{max}$  für eine Notbremsung bei einer ausgefallenen elektrischen Feststellbremse genutzt werden. Die Notbremsfunktion kann umso besser ausgeübt werden, je deutlicher der Wert  $x_{max}$  den Wert  $x_1$  übersteigt.

Liegt bei einem Funktionsausfall der elektrischen Feststellbremse an dem entsprechenden Rad hingegen eine Zuspannkraft  $y_{III}$  an, so ist der Kennlinie III zu entnehmen, daß das entsprechende Rad unter Aufwendung des negativen Motormoments  $x_1$  freigestellt werden kann (Zuspannkraft = 0). Der Elektromotor der Radbremse ist also so auszulegen, daß dieses negative Motormoment erzeugt werden kann. Es sei bemerkt, daß die Motormomente  $-x_1$  und  $x_1$  vom Betrag her gleich sind, da sie durch die von der elektrischen Feststellbremse erzeugten Reibungskraft bestimmt sind.

In den beiden letzten Absätzen ist der Funktionsausfall der elektrischen Feststellbremse bei den Extremwerten (Zuspannkraft = 0 bzw. Zuspannkraft =  $y_{III}$ ) erläutert worden. Liegt an der entsprechenden Radbremse bei Funktionsausfall der elektrischen Feststellbremse eine Zuspannkraft an, die zwischen 0 und  $y_{III}$  liegt, so ist eine Freistellung des entsprechenden Rades unter Aufwendung eines Motormomentes möglich, das zwischen 0 und  $-x_1$  liegt.

#### Patentansprüche

1. Elektrische Bremsanlage für ein Kraftfahrzeug, insbesondere für einen Pkw, die zumindest über folgendes verfügt:

- ein Bremspedal (2), an dem ein von einer Fußkraft abhängiges elektrisches Bremssignal erzeugbar ist;
- eine Radbremse (12) für jedes Rad (16) des Kraftfahrzeugs, der jeweils ein Elektromotor (18) mit einer Zuspannvorrichtung (20, 22) zuordnet ist, die auf die jeweilige Radbremse (12) eine dem elektrischen Signal entsprechende Zuspannkraft ausübt, wodurch an dem Rad (16) eine Bremskraft erzeugt wird;
- eine elektrische Feststellbremse (28) für

mindestens ein Rad (16) des Kraftfahrzeugs, mit der die Zuspannvorrichtung (20, 22) bei einer bestimmten Zuspannkraft feststellbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Feststellbremse (28) in einem ersten stromführenden Zustand eine Bewegung der Zuspannvorrichtung (20, 22) ungestört läßt und in einem zweiten stromlosen Zustand über eine Reibungserhöhung eine Selbsthemmung der Zuspannvorrichtung (20, 22) herbeiführt, so daß die Zuspannvorrichtung (20, 22) bei einer bestimmten Zuspannkraft feststellbar ist, wobei die durch die Reibungserhöhung entstehende Reibungskraft von dem Elektromotor (18) überwindbar ist.

2. Bremsanlage für ein Kraftfahrzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Feststellbremse (28) als elektromagnetische Reibungsrutschkupplung (28) ausgebildet ist.

3. Bremsanlage für ein Kraftfahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Radbremsen (12) der Vorderachse über eine elektrische Feststellbremse verfügen.

4. Bremsanlage für ein Kraftfahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich die Radbremsen (12) der Hinterachse jeweils über eine elektrische Feststellbremse (28) verfügen.

5. Verfahren zum Feststellen einer elektrischen Bremsanlage für ein Kraftfahrzeug, insbesondere für einen Pkw, die zumindest über folgendes verfügt:

— ein Bremspedal (2), an dem ein von einer Bremskraft abhängiges elektrisches Bremssignal erzeugbar ist;

— eine Radbremse (12) für jedes Rad (16) des Kraftfahrzeugs, der jeweils ein Elektromotor (18) mit einer Zuspannvorrichtung (20, 22) zuordnet ist, die auf die jeweilige Radbremse (12) eine dem elektrischen Signal entsprechende Zuspannkraft ausübt, wobei an dem Rad (16) eine Bremskraft erzeugt wird;

— eine elektrische Feststellbremse (28) für mindestens ein Rad (16) des Kraftfahrzeugs, mit der die Zuspannvorrichtung (20, 22) bei einer bestimmten Zuspannkraft feststellbar ist, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

- a) Beaufschlagen mindestens eines Rades (16) des Kraftfahrzeugs mit einer Bremskraft durch Erzeugen einer definierten Zuspannkraft an der entsprechenden Radbremse (12), währenddessen sich die dem Rad (16) zugeordnete elektrische Feststellbremse (28) in einem ersten stromführenden Zustand befindet, in dem die elektrische Feststellbremse die Bewegung der Zuspannvorrichtung ungestört läßt,
- b) Überführen der elektrischen Feststellbremse (28) in einen zweiten stromlosen Zustand, in dem auf die Zuspannvorrichtung (20, 22) eine erhöhte Reibung so lange ausgeübt wird, bis die elektrische Feststellbremse (28) wieder in den ersten stromführenden Zustand versetzt wird, wodurch die in dem Verfahrensschritt a) erzeugte Zuspannkraft im wesentlichen erhalten bleibt und das Rad (16) festgestellt ist.

6. Verfahren zum Feststellen einer elektrischen Bremsanlage für ein Kraftfahrzeug nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Beaufschlagung

des festzustellenden Rades (16) des Kraftfahrzeuges mit einer Bremskraft durch Betätigung des Bremspedals (2) vorgenommen wird.

7. Verfahren zum Feststellen einer elektrischen Bremsanlage für ein Kraftfahrzeug, dadurch gekennzeichnet, daß die Überführung der elektrischen Feststellbremse (28) in den zweiten stromlosen Zustand vorzugsweise bei Abstellung des Motors des Kraftfahrzeuges automatisch erfolgt.

5

10

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

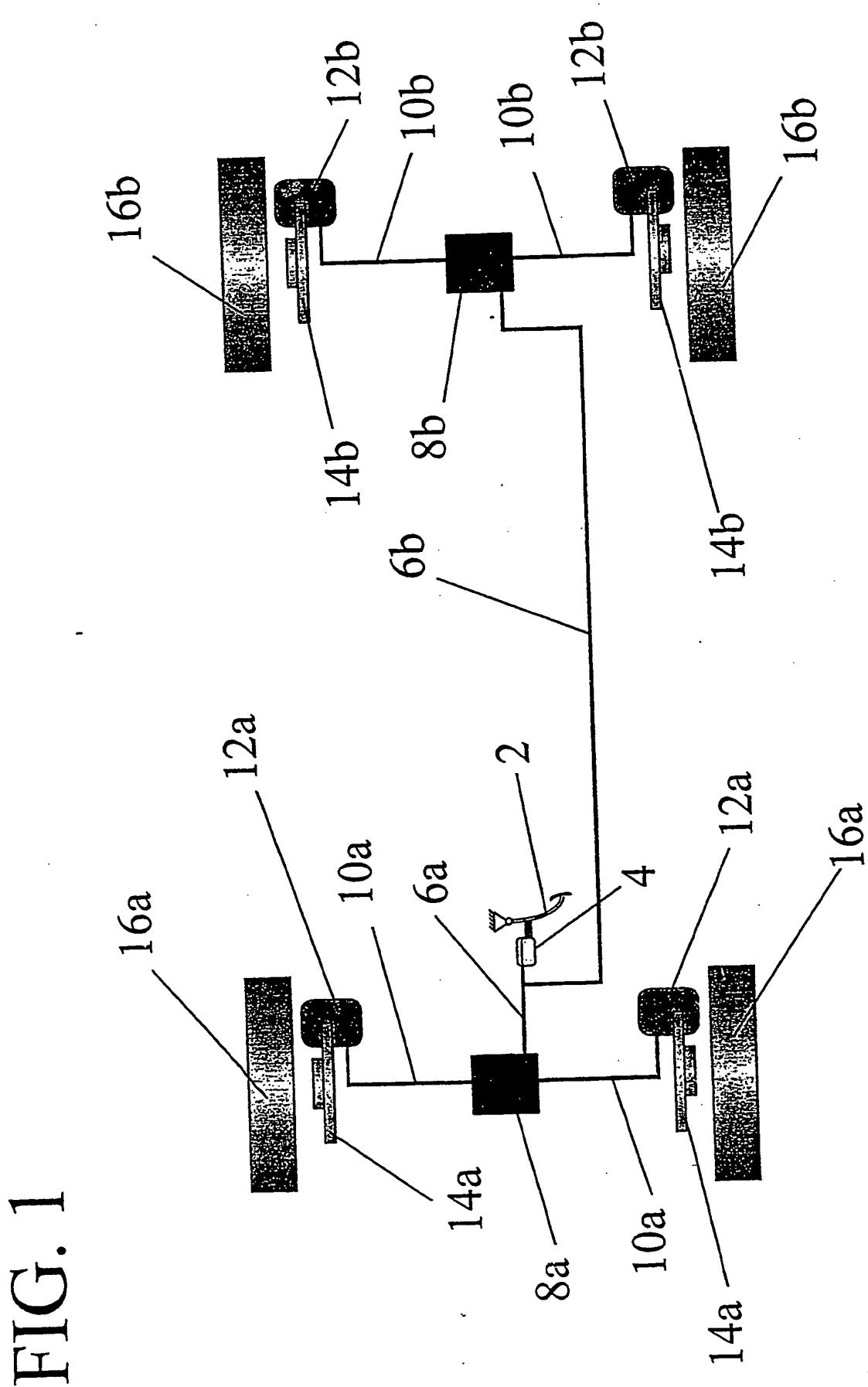


FIG. 2a

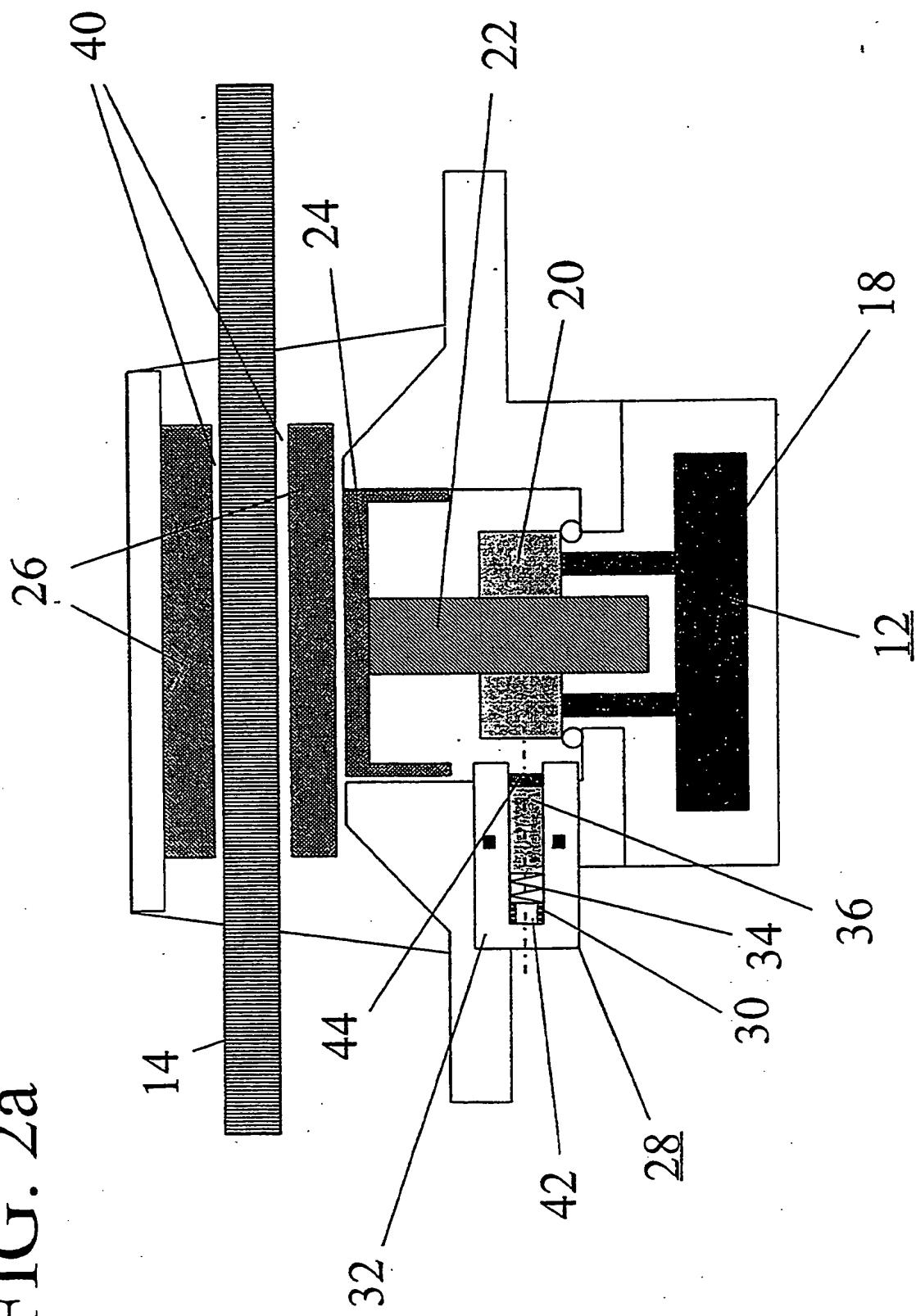
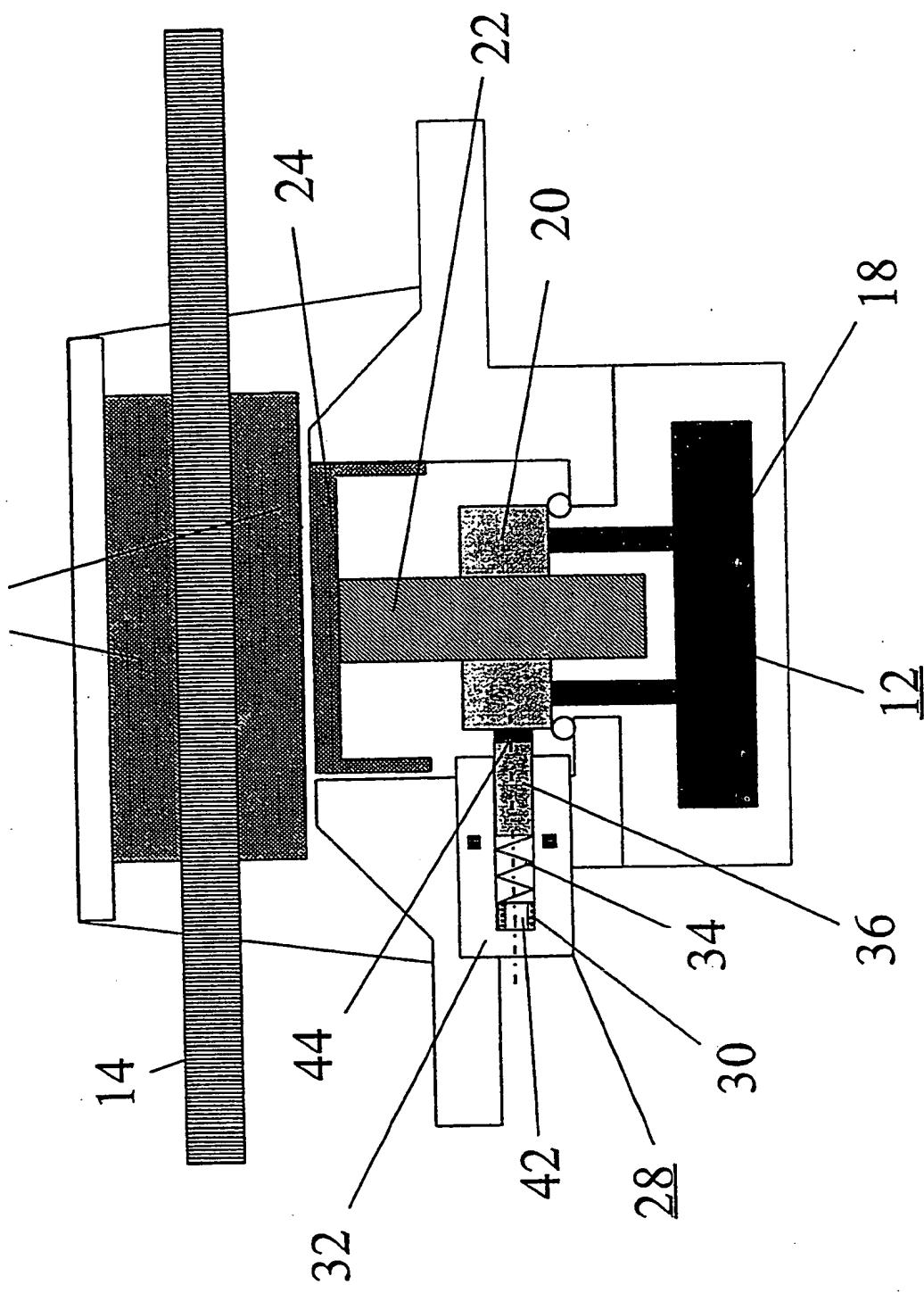


FIG. 2b



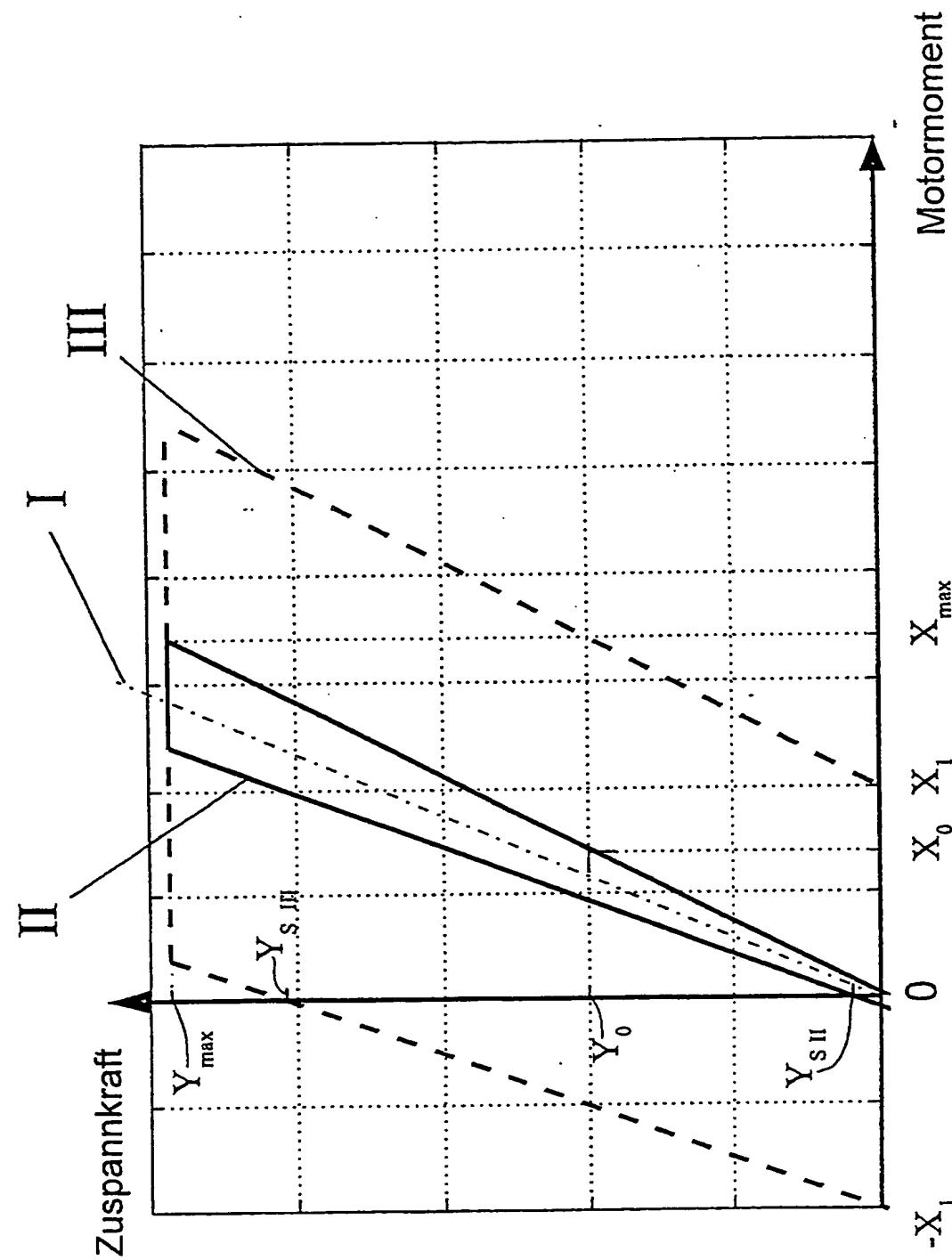


FIG. 3